

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 51 152.7

**Anmeldetag:** 31. Oktober 2002

**Anmelder/Inhaber:** REHAU AG + Co, Rehau/DE

**Bezeichnung:** Extrudieren von peroxidischen vernetzbaren  
Formteilen aus Kunststoff

**IPC:** B 29 C 47/78

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 17. Dezember 2002  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Nietiedt

## Extrudieren von peroxidischen vernetzbaren Formteilen aus Kunststoff

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Extrudieren von peroxidisch vernetzten Formteilen aus Kunststoff, vorzugsweise Rohren, bei denen der vernetzbare Kunststoff in einem Extruder erwärmt und kontinuierlich einem Extrusionswerkzeug zum Erzeugen des Formteiles zugeführt wird und eine zumindest teilweise Vernetzung des Kunststoffs im Extrusionswerkzeug durch Erwärmen des Kunststoffs über eine Vernetzungstemperatur hinaus erfolgt.

Ein derartiges Verfahren ist z. B. aus der EP 0 999 030 A1 bekannt. Durch dieses Verfahren werden Rohre aus peroxidisch vernetzbarem Kunststoff hergestellt. Die Rohre bestehen dabei aus einem Polyethylen, dem ein organisches Peroxyd als Vernetzungsmittel und ein Antioxidationsmittel beigelegt ist. Anstelle von Polyethylen kann auch ein anderes Polyolefin zum Einsatz kommen. Bei dem in der EP 0 999 030 beschriebenen Verfahren wird die nicht geschmolzene Mischung aus dem Kunststoff und dem Peroxyd über einen bekannten Fülltrichter einem Extruder zugeführt. Der Extruder fördert den Kunststoff in das Extrusionswerkzeug, in dem letztendlich die Rohre erzeugt und die Vernetzung des Kunststoffs durchgeführt wird. Hierzu wird im Bereich des Extrusionswerkzeuges Wärme zugeführt, die das Vernetzen des Kunststoffs in Gang setzt. Der Kunststoff wird mit dem Vernetzungsmittel im Extrusionswerkzeug zunächst aufgeschmolzen und über die Vernetzungstemperatur erwärmt. Das sich im Extrusionswerkzeug vernetzende Material tritt dann aus dem Extrusionswerkzeug als extrudiertes Rohr aus. Um ein vorzeitiges Aufschmelzen und Vernetzen des Kunststoffs zu vermeiden, wurde der Extruder besonders kurz gestaltet und zudem an seinem Außenumfang mit einer Kühleinrichtung versehen.

Die fertiggestellten Rohre eignen sich besonders als Wasserleitungen. Als problematisch bei der Herstellung solcher Rohre erweist sich das Einhalten prozesstechnischer Parameter. Das Nichteinhalten kann zu starken Qualitätsschwankungen bei der Herstellung der Rohre oder Formteile führen.

Zudem kann ein ungewolltes Vernetzen zu unerwünschten Spannungen und Belastungen im Extruder oder dem Extrusionswerkzeug führen. Beschädigungen am Extrusionswerkzeug oder dem Extruder können neben unzureichenden Eigenschaften des fertiggestellten Rohres die Folge sein.

5

Aufgabe ist es daher, ein Verfahren der eingangs genannten Art derart zu verbessern, dass bei möglichst gleichmäßiger und hoher Qualität der fertiggestellten Formteile das Verfahren besser beherrschbar ist.

- 10 Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren der eingangs genannten Art, bei dem durch eine Temperiereinrichtung die Temperatur des ungeschmolzenen Kunststoffes im Extruder geführt bis auf einen Wert oberhalb dem Kristallitschmelzbereich des Kunststoffes, jedoch unterhalb der Vernetzungstemperatur erwärmt und erst nach Eintritt in das Extrusionswerkzeug die Temperatur über die
- 15 Vernetzungstemperatur angehoben wird.

Durch diese Lösung lässt sich das Verfahren zum Herstellen von Formteilen aus vernetzten Kunststoffen besser beherrschen. Durch das gezielte Erwärmen des Kunststoffes auf einen Wert oberhalb dem Kristallitschmelzbereich bereits im Extruder lässt

20 sich schon vor dem eigentlichen Extrusionswerkzeug eine Homogenisierung des Kunststoffes erzielen, wodurch sich eine verbesserte Qualität des fertiggestellten Formstücks erreichen lässt. Auch lässt sich durch ein gesteuertes Führen des Anstiegs der Temperatur des Kunststoffes die Qualität des fertiggestellten Formstücks verbessern. Ein Vernetzen erfolgt erst gezielt im Extrusionswerkzeug. Da der Temperaturunterschied zwischen Schmelztemperatur und Vernetzungstemperatur jedoch

25 vergleichsweise gering ist, lässt sich auch hier das Vernetzen besser steuern und der Vernetzungsgrad erhöhen.

- Von Vorteil kann es dabei sein, wenn durch die Temperiereinrichtung dem Extruder
- 30 Wärme von außen zugeführt wird. Es hat sich gezeigt, dass durch diese Anordnung der Temperaturverlauf im Extruder leichter beherrschbar und überwachbar ist.

Zudem kann es sich als günstig erweisen, wenn durch die Temperiereinrichtung im Extruder Wärme von innen abgeführt wird. Dies kann z. B. durch ein Kühlmittel in einer hohlgebohrten Schnecke des Extruders erfolgen. Durch ein Zuführen der Wärme von außen oder ein Abführen von innen, kann die Temperatur des Kunststoff im Extruder sehr genau bestimmt und eingehalten werden. Auf diese Weise kann sich die Qualität der fertiggestellten Formstücke ebenfalls verbessern.

Weiterhin kann es sich als günstig erweisen, wenn ein Doppelschneckenextruder verwendet wird. Mit einem solchen Doppelschneckenextruder lässt sich der Ausstoß von fertiggestellten Formstücken erhöhen. Es hat sich zudem gezeigt, dass das Temperaturverhalten des Kunststoff im Doppelschneckenextruder genauer gesteuert werden kann.

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung kann die Temperatur des Kunststoff im Extrusionswerkzeug durch Wärmezufuhr von außen zum Extrusionswerkzeug erreicht werden. Durch eine Wärmezufuhr von außen kann die Temperatur besser überwacht werden. Zudem wird der Aufbau der Anlage vereinfacht.

Um einen schnelleren Anstieg der Temperatur zu ermöglichen, kann zudem auch die Temperatur des Kunststoff im Extrusionswerkzeug durch Wärmezufuhr von innen verbessert werden.

Zur Durchführung des Verfahrens kann es sich als günstig erweisen, wenn die Temperatur des Kunststoff im Extrusionswerkzeug zumindest 15% über der Vernetzungstemperatur liegt. Unter Vernetzungstemperatur soll die Temperatur verstanden werden, bei der, bedingt durch den Zerfall der Peroxide, Radikale entstehen, die zur Vernetzung des Kunststoffes führen. Die Zeit bzw. die Geschwindigkeit dieses Zerfalls ist durch die Halbwertszeit des Peroxides definiert, welche bei dem erfindungsgemäßen Verfahren etwa 3 Minuten beträgt. Auf diese Weise kann ein besonders hoher Vernetzungsgrad während des kontinuierlich laufenden Verfahrens erreicht werden.

Auch kann es sich als vorteilhaft erweisen, wenn die Temperatur des Kunststoff vor dem Eintritt ins Extrusionswerkzeug höchstens 30% über dem Kristallitschmelzbe-

reich des Kunststoffs liegt. Dadurch lässt sich wirksam ein vorzeitiges Vernetzen des Kunststoffs verhindern.

- 5 Auch kann es sich durch Durchführung des Verfahrens als vorteilhaft erweisen, wenn die Vernetzungstemperatur des Kunststoffs ca. 30% über dem Kristallitschmelzbereich liegt. Der Kunststoff ist durch Zugabe des Vernetzungsmittel und etwaiger weiterer Zusatzstoffe entsprechend einzustellen.

- 10 Als günstig kann es sich dabei erweisen, wenn die Schmelztemperatur des Kunststoffs bei ca. 125 bis 140° C, vorzugsweise bei ca. 135° C liegt.

Ebenso kann es sich als vorteilhaft erweisen, wenn die Vernetzungstemperatur des Kunststoffs bei ca. 165° bis 185° C, vorzugsweise bei 175° C liegt.

- 15 Für das fertiggestellte Formstück und dessen Qualität kann es sich weiterhin als vorteilhaft erweisen, wenn der Grad der Vernetzung des Kunststoffs beim Verlassen des Extrusionswerkzeugs mehr als 60%, vorzugsweise mehr als 70° beträgt.

- 20 Um eine möglichst gute Homogenisierung des Kunststoffs während des Aufschmelzens zu erhalten, kann es sich als vorteilhaft erweisen, wenn im Extruder die Temperatur des ungeschmolzenen Kunststoffs, geführt von ca. 120° bis 140° C, vorzugsweise 130°C, bis über die Schmelztemperatur erhöht wird. Der Kunststoff kann z. B. bereits vor dem Zuführen zum Extruder vorgewärmt sein.

- 25 Zur Steigerung der Qualität des fertiggestellten Formstücks kann es sich weiterhin als vorteilhaft erweisen, wenn das Formstück nach Verlassen des Extrusionswerkzeugs weiter auf eine Temperatur oberhalb der Vernetzungstemperatur gehalten wird. Dadurch kann die Vernetzung weitergeführt und eine vollständige Vernetzung erzielt werden.

- 30 Nach dem vollständigen Vernetzen kann das Formstück abgekühlt werden. Durch das Abkühlen lässt sich die Zeit bis zur weiteren Verarbeitung des Formstücks reduzieren.

Zudem kann es sich als günstig erweisen, wenn der Schmelzdruck vor dem Eintritt in das Extrusionswerkzeug ca. 700 bis 1500 bar, vorzugsweise 1200 bar nicht übersteigt. Auch dadurch lassen sich die Belastungen der Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens gegenüber herkömmlichen Verfahren reduzieren.

Weiterhin wird erfindungsgemäß eine Vorrichtung zum Durchführen des erfindungsgemäßen Verfahrens beansprucht, mit einem Extruder, der einen Zulauf und einen Ablauf aufweist und mit einer Zuführeinrichtung zum Zuführen eines Kunststoffes zum Extruder am Zulauf des Extruders und mit einem Extrusionswerkzeug am Ablauf des Extruders, wobei eine Temperiereinrichtung vorgesehen ist, mit der die Temperatur des ungeschmolzenen Kunststoffes im Extruder geführt auf eine Temperatur oberhalb dem Kristallitschmelzbereich des Kunststoffes erhöht werden kann und die Temperiereinrichtung zumindest eine Heizeinrichtung außerhalb des Extruders aufweist.

Mit der Vorrichtung lässt sich das erfindungsgemäße Verfahren durchführen und die erfindungsgemäßen Vorteile erzielen.

Von Vorteil kann es zudem sein, wenn eine Kühleinrichtung im Inneren des Extruders vorgesehen ist. Dadurch lässt sich eine Kombination aus Erwärmen an der Außenseite des Extruders oder Kühlen an der Innenseite des Extruders und damit ein gezieltes Temperaturverhalten des Kunststoffes erzeugen.

Zudem kann es vorteilhaft sein, wenn das Extrusionswerkzeug beheizbar ist. Dadurch lässt sich die Vernetzung im Extrusionswerkzeug beschleunigen.

Von Vorteil kann es dabei sein, wenn das Extrusionswerkzeug sowohl von innen wie auch von außen beheizbar ist. Dann kann der Vernetzungsvorgang beschleunigt werden.

Zudem kann es sich als vorteilhaft erweisen, wenn die Länge einer Schnecke des Extruders zwischen Zulauf und Ablauf größer als die Länge des Zulaufs ist. Dies kann zu einer besonders schonenden Verarbeitung des Kunststoffes führen.

Auch kann es sich als vorteilhaft erweisen, wenn der Extruder zwei Schnecken aufweist und als Doppelschneckenextruder ausgebildet ist. Damit die Förderrate gesteigert und eine besonders materialschonende Verarbeitung des Kunststoffes erfolgen.

5

In einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung kann die Schnecke des Extruders zumindest zwei Abschnitte unterschiedlicher Steigung aufweisen. Auch dadurch lässt sich die Temperatur des Kunststoffes während des Förderns durch den Extruder gezielt beeinflussen.

10

In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung kann die Schnecke des Extruders in wenigstens einem Abschnitt Mischelemente aufweisen, durch welche eine bessere Durchmischung und Homogenisierung der Kunststoffschmelze erreichbar ist.

Von Vorteil kann es dabei sein, wenn die Steigung des in Förderrichtung näher am Ablauf liegenden Abschnitts größer als die des näher am Einlauf liegenden Abschnitts

15

ist. Auf diese Weise lässt sich das Temperaturverhalten positiv beeinflussen.

Auch kann es sich als vorteilhaft erweisen, wenn die Breite der Stege eines Abschnitts der Schnecke in Förderrichtung zunimmt. Dies kann sich positiv auf das Verhalten des Kunststoffes während des Förderns auswirken.

20

Zudem kann es sich als vorteilhaft erweisen, wenn der Durchmesser der Schnecke des Extruders in Förderrichtung abnimmt.

Um das Kühlen der Schnecke des Extruders zu vereinfachen, kann die Schnecke hohl ausgebildet sein.

25

Nachfolgend wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert:

Es zeigen:

30

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 2 eine Schnecke eines Extruders der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

Figur 1 zeigt eine Vorrichtung 1, die einen Extruder 2 in einer Schnecke 3 aufweist, auf der eine Spirale 4 angebracht ist.

5

Die Schnecke 3 des Extruders 2 ist in Figur 2 vergrößert dargestellt. Die Schnecke 3 ist in Förderrichtung konisch zulaufend ausgebildet und verfügt über einen ersten Abschnitt 5 und einen zweiten Abschnitt 6, wobei sich die Steigung der Spirale 4 in den Abschnitten 5 und 6 unterscheidet. Im ersten Abschnitt 5 ist die Steigung der Spirale kleiner als im zweiten Abschnitt 6. Zudem ist die Breite der Stege in Förder-  
richtung im ersten Abschnitt 5 kleiner als im zweiten Abschnitt 6.

10

Die Schnecke 3 ist in einem Zylinder 7 des Extruders 2 aufgenommen, wobei der Zylinder 7 über einen Zulauf 8 und einen Ablauf 9 verfügt.

15

Am Zulauf 8 befindet sich oberhalb eine Öffnung 10 des Zylinders 7 eine Zuführeinrichtung in Form eines Trichters 11.

20

Weiterhin verfügt die Vorrichtung über eine Temperiereinrichtung 12 mit einer Heizeinrichtung 13 außen am Zylinder 7. Die Heizeinrichtung 13 kann hierbei mehrere Heizelemente sogenannte Heizbänder aufweisen.

Zusätzlich ist die Schnecke 3 hohl ausgebildet und ermöglicht das Durchleiten eines Kühlmediums einer Kühleinrichtung 14.

25

Am Ablauf 9 des Extruders 2 befindet sich ein Extrusionswerkzeug 15, das sowohl im Inneren, wie auch an der Außenseite über Heizeinrichtungen 16 und 17 verfügt. An den Ablauf 9 des Extruders 2 schließt sich ein Zulauf 18 des Extrusionswerkzeuges 15 an. Durch den Auslauf 19 des Extrusionswerkzeuges kann ein fertiggestelltes Formstück aus der Vorrichtung austreten.

30

Nachfolgend wird die Wirkungs- und Funktionsweise der Erfindung näher erläutert.



Zum Durchführen des Verfahrens wird in den Trichter 11 eine Mischung aus einem Polyolefin, wie z. B. Polyethylen HD-PE/UHMPE oder ein anderer vernetzbarer Kunststoff zusammen mit einem Vernetzungsmittel, z. B. organisches Peroxid mit einer Vernetzungstemperatur von 180° bis 210° C bei einer Halbwertszeit von 1 min. und einem Stabilisator oder weiteren Bestandteilen vermischt und eingefüllt. Das Polyethylen kann als Gieß oder Granulat vorliegen, der Stabilisator als Pulver oder Granulat und das Peroxid als Flüssigkeit, Granulat oder Pulver. Die fertiggestellten Rohre sind sogenannte PE-Xa-Rohre, wobei PE-Xa auf einen vernetzten Kunststoff hinweist. Über die Öffnung 10 und den Zulauf 8 gelangt die Mischung in den Extruder 2. Durch einen nicht dargestellten Antrieb wird die Schnecke 3 des Extruders 2 kontinuierlich angetrieben, wodurch eine Förderbewegung des Kunststoff vom Zulauf 8 zum Ablauf 9 erfolgt. Aufgrund der Gestaltung der Schnecke 3 folgt auf dem Weg vom Zulauf 8 zum Ablauf 9 ein Vermischen des Kunststoff und ein Erwärmen, wobei die Gestaltung der Schnecke 3 das Erwärmen unterstützt. Der Vorgang des Erärmens wird zusätzlich durch die Heizeinrichtung 13 und die Kühleinrichtung 14 gesteuert, wobei durch die Heizeinrichtung 13 oder die Kühleinrichtung 14 gezielt Wärme dem Kunststoff zugeführt bzw. abgeführt werden kann. Es kann auf diese Weise ein besonders gleichmäßiges Erwärmen und Homogenisieren des Kunststoff sowie der Stabilisatoren und des Vernetzungsmittels erfolgen. Bis zum Ablauf 9 wird dabei der Kunststoff über seine Schmelztemperatur hinaus, jedoch unterhalb der Vernetzungstemperatur erwärmt. Im vorliegenden Beispiel beträgt die Schmelztemperatur ca. 160° C. Je nach Eigenschaften des Kunststoff kann dieser Wert unterschiedlich ausfallen. Die Vernetzungstemperatur im vorliegenden Beispiel beträgt 175° C. Der nun mehr aufgeschmolzene Kunststoff, jedoch noch nicht vernetzte Kunststoff, gelangt über den Zulauf 18 in das Extrusionswerkzeug 15, wo ihm die endgültige Form gegeben wird. Durch Heizeinrichtungen erfolgt nunmehr ein weiteres Aufheizen des Kunststoff von ca. 160°C auf einen Wert oberhalb der Vernetzungstemperatur, wobei im bevorzugten Beispiel die Temperatur des Kunststoff auf 230° C erhöht wird. Dadurch findet ein starkes Vernetzen des Kunststoff im Extrusionswerkzeug statt. Der Vernetzungsgrad als Maß für die Vernetzung beträgt dabei über 70% nach DIN 16892.

Da im Extrusionswerkzeug nur ein geringfügiges weiteres Erwärmen des bereits geschmolzenen Kunststoffes erfolgt, wirkt sich dies positiv auf die Maßhaltigkeit der fertiggestellten Formteile aus, die am Auslauf 19 des Extrusionswerkzeuges 15 austreten. Es ist somit möglich, bei hoher Maßhaltigkeit und großem Vernetzungsgrad 5 Formstücke herzustellen. Anstelle von Polyethylen bzw. Polyolefinen sind auch andere vernetzbare Kunststoffe denkbar.

10 In nachfolgenden Bearbeitungsschritten kann das am Auslauf 19 des Extrusionswerkzeuges 15 austretende Formstück noch weiter erwärmt werden über die Vernetzungstemperatur, um ein vollständiges Vernetzen zu erzielen. Zusätzlich kann eine Kühleinrichtung vorgesehen sein, durch die das Formstück nach dem vollständigen Vernetzen abgekühlt werden kann, um es möglichst schnell weiteren Bearbeitungsschritten zuführen zu können.

15 Durch das gezielte, schonende Erwärmen des Kunststoffs im Extruder lässt sich eine gute Homogenisierung des Kunststoffs erzielen. Zudem können die Belastungen im Extruder reduziert werden, da ein ungewolltes Vernetzen vermeidbar ist. In Figur 1 sind verschiedene Punkte mit zugehöriger Temperaturangabe vermerkt. Man erkennt daran, wie kontinuierlich ein Erwärmen des Kunststoffs während des Förderns erfolgt. 20 So steigt die Temperatur an von ca. 130° auf 140°, 145° und schließlich auf 150° C und leicht darüber. Zudem hat sich für die Durchführung des Verfahrens auch die Gestaltung der Schnecke 3 als besonders vorteilhaft herausgestellt. Die spezielle Steigung und die Gestaltung der Schnecke unterstützt das gleichmäßige Mischen und Aufheizen des Kunststoffs.

25 Die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Rohre eignen sich für sanitäre Kalt- und Warmwasserleitungen, Fußboden- und Wandheizung, Heizkörperanschluss, Fernwärmeleitungen, Erdverlegte Gas-, Wasser- und Abwasserleitungen, Druckluftleitungen, Industrierohrnetze für flüssige und gasförmige Medien, Erd- 30 kollektoren und Sonderrohranwendungen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Extrudieren von peroxidisch vernetzten Formteilen aus Kunststoff, vorzugsweise Rohren, bei denen der vernetzbare Kunststoff in einem Extruder (2) erwärmt und kontinuierlich einem Extrusionswerkzeug (15) zum Erzeugen des Formteils zugeführt wird und eine zumindest teilweise Vernetzung des Kunststoffs im Extrusionswerkzeug durch Erwärmung des Kunststoffs über eine Vernetzungstemperatur hinaus erfolgt, dadurch gekennzeichnet, dass durch eine Temperiereinrichtung (12) die Temperatur des ungeschmolzenen Kunststoffs im Extruder geführt bis auf einen Wert oberhalb dem Kristallitschmelzbereich des Kunststoffs jedoch unterhalb der Vernetzungstemperatur erwärmt und erst nach Eintritt in das Extrusionswerkzeug die Temperatur über die Vernetzungstemperatur angehoben wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass durch die Temperiereinrichtung (12) dem Extruder Wärme von außen zugeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Temperiereinrichtung Wärme von innen aus dem Extruder abgeführt wird.
4. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Doppelschneckenextruder verwendet wird.
5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur des Kunststoffs im Extrusionswerkzeug durch Wärmezufuhr von außen zum Extrusionswerkzeug erreicht wird.

6. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur des Kunststoffs im Extrusionswerkzeug durch Wärmezufuhr im Inneren des Extrusionswerkzeugs erreicht wird.
- 5 7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur des Kunststoffs im Extrusionswerkzeug zumindest 15% über der Vernetzungstemperatur liegt.
- 10 8. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur des Kunststoffs im Extrusionswerkzeug höchstens 60% über der Vernetzungstemperatur liegt.
- 15 9. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur des Kunststoffs vor Eintritt ins Extrusionswerkzeug höchstens 30% über dem Kristallitschmelzbereich des Kunststoffs liegt.
- 20 10. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vernetzungstemperatur des Kunststoffs um ca. 30% über dem Kristallitschmelzbereich liegt.
- 25 11. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Kristallitschmelzbereich des Kunststoffs bei ca. 125-140°, vorzugsweise bei 135° C liegt.
- 30 12. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vernetzungstemperatur des Kunststoffs bei ca. 165-185° C, vorzugsweise bei 175° C liegt.
13. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Grad der Vernetzung des Kunststoffs beim Verlassen des Extrusionswerkzeugs mehr als 60, vorzugsweise mehr als 70% beträgt.

14. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Extruder die Temperatur des ungeschmolzenen Kunststoffes geführt von ca. 120-140° C, vorzugsweise 130° C, über die Schmelztemperatur hinaus erhöht wird.
- 5
15. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Formstück nach Verlassen des Extrusionswerkzeugs weiter auf einer Temperatur oberhalb der Vernetzungstemperatur gehalten wird.
- 10
16. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Formteil nach dem Vernetzen abgekühlt wird.
17. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Schmelzdruck vor dem Eintritt ins Extrusionswerkzeug ca. 700-1500 bar, vorzugsweise 1200 bar nicht übersteigt.
- 15
18. Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 17, mit einem Extruder (2) mit einem Zulauf (8) und einem Ablauf (9), und mit einer Zuführeinrichtung (11) zum Zuführen des Kunststoffes zum Extruder am Zulauf des Extruders (2) und mit einem Extrusionswerkzeug (15) am Ablauf des Extruders, dadurch gekennzeichnet, dass eine Temperiereinrichtung (12) vorgesehen ist, mit der die Temperatur des ungeschmolzenen Kunststoffes im Extruder geführt auf eine Temperatur oberhalb dem Kristallitschmelzbereich des Kunststoffes erhöht werden kann und die Temperiereinrichtung zumindest eine Heizeinrichtung (13) außerhalb der Schnecke (3) des Extruders (2) aufweist.
- 20
- 25
19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass eine Kühleinrichtung im Innern des Extruders vorgesehen ist.
- 30
20. Vorrichtung nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass das Extrusionswerkzeug beheizbar ist.

21. Vorrichtung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass das Extrusionswerkzeug sowohl von innen wie auch von außen beheizbar ist.
- 5 22. Vorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Länge der Schnecke des Extruders zwischen Zulauf und Ablauf größer als die Länge des Zulaufs ist.
- 10 23. Vorrichtung einem der vorangegangenen Ansprüche 18 - 22, dadurch gekennzeichnet, dass der Extruder zwei Schnecken aufweist und als Doppelschneckenextruder ausgebildet ist.
- 15 24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass die Schnecken des Extruders zumindest zwei Abschnitte unterschiedlicher Steigung aufweisen.
- 25 25. Vorrichtung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Steigung des in Förderrichtung näher am Ablauf liegenden Abschnitts größer als die des näher am Zulauf liegenden Abschnitts ist.
- 20 26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Schnecken des Extruders in wenigstens einem Abschnitt Mischelemente aufweist.
- 25 27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass die Wandstärke der Stege einer Schnecke in Förderrichtung zunimmt.
28. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass der Durchmesser der Schnecke in Förderrichtung abnimmt.
- 30 29. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 18 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Schnecke hohl ausgebildet ist.

Rehau, den 31.10.2002

dr.schi-zh

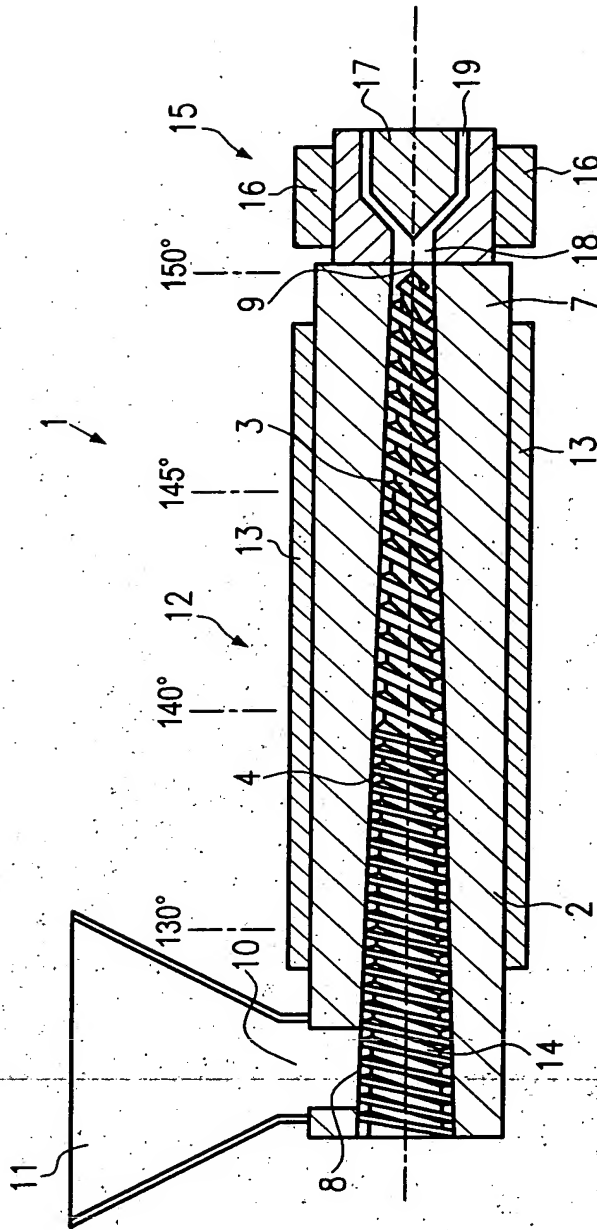


FIG. 1

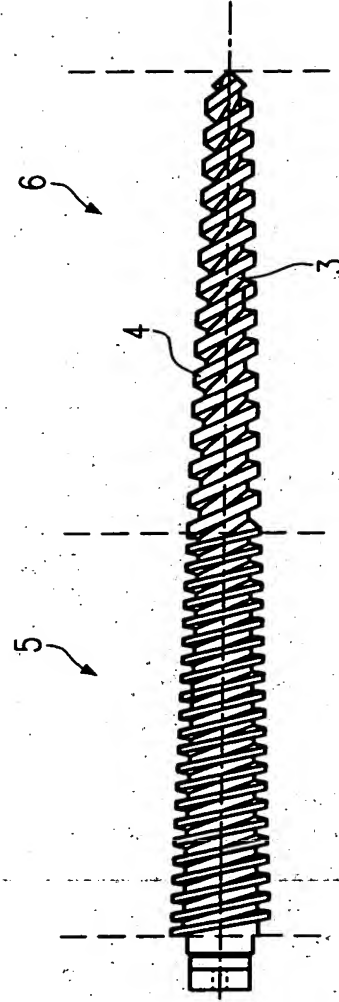


FIG. 2